

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma  
Kemiantekniikka  
Heidi Suomela

Opinnäytetyö

## **Ekologisen sidonta-aineen etsiminen turvelevyjen hienon jakeen varisemisen estämiseksi**

Työn ohjaaja  
Työn tilaaja

lehtori Anne Ojala  
Tampereen ammattikorkeakoulu, ohjaajana projektipäällikkö  
Juhani Kurppa, Konto Oy, ohjaajana tutkimus- ja  
kehityspäällikkö Heikki Rantanen

Tampere 3/2011

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma, Kemiantekniikka

|               |  |
|---------------|--|
| Tekijä        | Heidi Suomela  |
| Työn nimi     | Ekologisen sidonta-aineen etsiminen turvelevyjen hienon jakeen varisemisen estämiseksi   |
| Sivumäärä     | 46   |
| Valmistusaika | 3/2011   |
| Työn ohjaaja  | Lehtori Anne Ojala   |
| Työn tilaaja  | Tampereen ammattikorkeakoulu, ohjaajana projektipäällikkö Juhani Kurppa, Konto Oy, ohjaajana tutkimus- ja kehityspäällikkö Heikki Rantanen |

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytteen tavoitteena oli etsiä Konto Oy:n kehittämiin ja patentoimiin turvelevyihin ekologinen sidonta-aine, jolla pystyttäisiin estämään turpeen hienon jakeen variseminen. Tuotteita voidaan käyttää esimerkiksi äänen- ja lämmöneristykseen sekä öljyntorjuntaan. Tutkimus tehtiin yhdessä Tampereen ammattikorkeakoulun asiantuntijoiden kanssa. Hanke oli TEKES-rahoitteinen.

Opinnäytteessä tutkittiin neljää eri ekologista ainetta ja pyrittiin löytämään pitoisuuksia, joita käyttämällä irtoaisi mahdollisimman vähän turvetta turvelevyistä. Sidonta-aineet olivat karboksimeetyyliselluloosa (CMC), mäntyöljy, Fain Binder ja tärkkelys. Tutkimuksessa sideaine saatiin turvelevyn pintaan maaliruiskulla sumuttamalla. Tämän jälkeen turvelevyt kuivattiin ja tärjistettiin voimakkaasti laboratorioseulalla, jolloin nähtiin, kuinka paljon turvetta irtosi levyistä. Irronnut turve punnittiin ja laskettiin prosentuaalinen turpeen irtoaminen alkuperäisen turvelevyn painosta. Koesarjoissa suoritettiin neljä rinnakkaisnäytesarjaa kullakin sidonta-aineella. Näiden rinnakkaisnäytteiden tuloksista laskettiin keskiarvo ja piirrettiin kuvaaja. Levyille laskettiin myös tiheys ja rinnakkaisnäytteiden keskiarvo.

Tuloksia arvioitiin vertaamalla irronneen turpeen määrää kontrolli näytteeseen, joka oli tärjistetty ilman sidonta-ainetta. Tulosten perusteella turvelevyn tiheydellä on merkittävä vaikutus tuloksiin. Suuremmilla levyjen tiheyksillä turvetta irtoaa vähemmän levystä. Tehokkaimmat sidonta-aineet joka näytesarjalla kontrolliin nähden olivat 2- ja 3-massaprosenttinen karboksimeetyyliselluloosa, 20-tilavuusprosenttinen mäntyöljy, 60-tilavuusprosenttinen Fain Binder ja 5-massaprosenttinen tärkkelys. Vähiten turvetta irtosi 2-massaprosenttisella karboksimeetyyliselluloosalla ja 5-massaprosenttisella tärkkelyksellä, mutta huomioitavaa on, että koesarjassa käytettiin eri turvelevyerää kuin muissa. Päätelmissä todettiin myös, että ratkaisevana tekijänä on yrityksen omien vaatimusten määrittäminen turpeen irtoamiselle kun ekologista sidonta-ainetta valitaan turvelevylle.

|            |  |
|------------|--|
| Avainsanat | CMC, ekologinen sidonta-aine, Fain Binder, karboksimeetyyliselluloosa, mäntyöljy, sideaine, turvelevy, tärkkelys |
|------------|--|

TAMK University of Applied Sciences, Bachelor degree  
Degree program in Paper, Textile and Chemical Engineering, Chemical Engineering

|                      |  |
|----------------------|--|
| Writer               | Heidi Suomela  |
| Thesis               | Finding an ecological binder to prevent shedding of the fine fraction of peat from the peat flats                              |
| Pages                | 46   |
| Graduation time      | 3/2011   |
| Thesis Supervisor    | lecturer Anne Ojala  |
| Co-operating Company | TAMK University of Applied Sciences, project manager Juhani Kurppa, Konto Oy, research and development manager Heikki Rantanen |

---

## ABSTRACT

The purpose of this study was to find an ecological binder to Konto Oy's products and prevent shedding of the fine fraction of peat from the peat flats. Peat flats are layered boards and layered sheets/blankets, which can be pressed into different shapes. End-uses are for example insulation, oil absorption and acoustics. This study was made together with experts of TAMK University of Applied Sciences. Project was TEKES-funded.

In this study four different binders and their concentrations were examined. The binders were carboxymethylcellulose (CMC), pine oil, Fain Binder and starch. The binder was sprayed to the peat flat with paint sprayer. The peat flats were dried and after that they were strongly jolt with vibrating sieve. The loosen peat was weighed and the percentage of shedding peat was calculated from the original weight of the peat flat. Four parallel samples were tested with four different binders and concentrations. The average of parallel samples and peat flats density were calculated. From the parallel results graphs were drawn.

The results were estimated by comparing the shedded peat's amount to the control sample, which was jolt without binders. In the results the density of the peat flat was significant. With high density the shedding of peat was lower than the lower flat densities. Effective binders were two and three mass percent CMCs, twenty volume percent pine oil, sixty volume percent Fain Binder and five mass percent starch. The shedding of fine fraction of peat were the lowest with two mass percent CMC and five mass percent starch. These two binders were however tested with different batch of peat flats and they had higher density than the other. In conclusions it is noted that the important factor to choose the ecological binder depends on Konto Oy's own demands what the shedding of peat should be.

---

|           |   |
|-----------|---|
| Key words | ecological binder, Fain Binder, carboxymethylcellulose, pine oil, peat flat, starch |
|-----------|---|

## Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| 1 Johdanto .....                                      | 5  |
| 2 Konto Oy .....                                      | 6  |
| 3 Turvelevyn komponentit .....                        | 7  |
| 3.1 Turve .....                                       | 7  |
| 3.2 Polyesteri .....                                  | 9  |
| 3.3 Sidonta-aineet .....                              | 10 |
| 3.3.1 Karboksimeetyliselluloosa (CMC) .....           | 10 |
| 3.3.2 Mäntyöljy .....                                 | 10 |
| 3.3.3 Tärkkelys .....                                 | 11 |
| 3.3.4 Fain Binder .....                               | 13 |
| 4 Käytetyt menetelmät .....                           | 13 |
| 4.1 Sumutus maaliruiskulla .....                      | 13 |
| 4.2 Kuivaus .....                                     | 15 |
| 4.3 Täryseulonta .....                                | 16 |
| 5 Laskentakaavat .....                                | 17 |
| 6 Esikokeet .....                                     | 18 |
| 6.1 Metodien testaus .....                            | 18 |
| 6.2 Sideaineiden esitestaus .....                     | 22 |
| 6.2.1 Karboksimeetyliselluloosan testaaminen .....    | 22 |
| 6.2.2 Mäntyöljyn testaaminen .....                    | 24 |
| 6.2.3 Fain Binderin testaaminen .....                 | 25 |
| 6.2.4 Tärkkelysliuoksen testaaminen .....             | 25 |
| 7 Valittujen sideaineiden mittausten menetelmät ..... | 27 |
| 8 Mittaustulosten käsittely .....                     | 28 |
| 8.1 Kontrollinäytteen mittaustulokset .....           | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 8.2 Karboksimeetyliselluloosan mittaustulokset .....                               | 29 |
| 8.3 Mäntyöljyn mittaustulokset.....  | 32 |
| 8.4 Fain Binderin mittaustulokset .....  | 35 |
| 8.5 Tärkkelyksen mittaustulokset .....   | 37 |
| 9 Keskiarvo ja keskihajonta levystä irronneelle turvemäärälle ja tiheyksille ..... | 40 |
| 10 Lopputulokset.....  | 42 |
| 11 Yhteenveto ja tulosten arviointi .....  | 43 |
| Lähteet.....   | 44 |
| Liitteet .....   | 46 |

# 1 Johdanto

Turve on muodostunut hyvin kosteissa olosuhteissa maatuneista kasvin osista. Heikosti maatuneella turpeella on hyvin huokoinen rakenne. Turve toimii lähes aktiivihiihtäjäntavoin, koska sen ominaispinta-ala on hyvin suuri. Yksi kuutiometri turvetta pystyy sitomaan lähes 600-800 litraa nestettä. Lisäksi turpeella on eräiden bakteerien ansiosta antiseptisiä vaikutuksia ja pitkälle maatuneet suuren lämpöarvon sisältävät turpeet ovat Suomessa käytössä energiateollisuudessa. Vähän maatuneiden turpeiden fysikaaliset, biologiset ja kemialliset ominaisuudet antavat niille erinomaisen ja monipuolisen käytön esimerkiksi ympäristönsuojelussa tavallisen puutarha- ja maatalouden käytön lisäksi.

Karvialla sijaitsevan Konto Oy:n valmistamilla ja patentoimilla turvelevyillä on useita eri käyttökohteita. Pintaturpeesta ja luonnonkuiduista valmistettujen ekologisten turvelevyjen käyttökohteita voivat olla esimerkiksi akustiikka, öljynimeytys ja lämmön eristys. Turvelevyn komponentit koostuvat turpeesta, kuidusta ja sidonta-aineesta, jolla estetään turpeen hienon aineen variseminen.

Tässä opinnäytteessä pyrittiin löytämään ekologinen sidonta-aine turvelevyille. Hanke oli TEKES-rahoitteinen ja se suoritettiin yhdessä TAMKin asiantutijoiden kanssa. Opinnäytteessä testattiin neljää eri ekologista sidonta-ainetta. Aineet olivat Fain Binder, karboksimeetyyliselluloosa (CMC), mäntyöljy ja tärkkelys.

Opinnäytteen alussa on teoreettinen osio, joka käsittelee Konto Oy:tä ja sen tuotteita, turvelevyn komponentteja, sidonta-aineiden ja käytettyjen metodien teoriaa. Menetelmä osiossa on sideaineiden ja metodien testaus sekä esikokeet. Lisäksi osiossa käsitellään mittaustulokset. Tutkimuksesta saadut tulokset on esitelty lopussa taulukoin, kaavioin ja päätelmin. Opinnäyte sisältää myös paljon kuvia, joilla on pyritty havainnollistamaan tehtyä tutkimusta.

## 2 Konto Oy

Konto Oy on Karvialla sijaitseva yritys, joka valmistaa luonnonkuiduista ja pintaturpeesta levy-, huopa ja muotopuristet tuotteita (kuvio 4). Käyttökohteita ovat esimerkiksi akustiikka, öljynimeytys, eristys ja erilaiset muotopuristeet. (Konto 2010a.)



Kuvio 4: Muotopuriste-, huopa ja levytuotteita (Konto 2010b)

Konto Oy:n tuotteet ovat muotoiltavissa eri tiheyksillä ja eri kuituvaihtoehtojilla useisiin eri tarkoituksiin. Tuotteissa käytettiin testausvaiheessa polyesterikuitua mutta pintaturpeen lisäksi levyissä aiotaan käyttää luonnonkuituja esimerkiksi pellavaa, puuta tai kierrätyspaperia. Pääraaka-aineena käytetty pintaturve on Konto Oy:n pitkällisellä tutkimuksella optimoitu parhaiten soveltuvaksi tuotteeksi. Muiden raaka-aineiden lisäksi tuotteisiin on lisätty halutuista ominaisuuksista riippuen erilaisia sidosaineita. Konto Oy:n tuotantomenetelmä ja tuotteet on patentoitu. (Konto 2010a; Konto 2010b.)

Tuotteilta vaaditaan kierrätettävyyttä ja turvallisuutta. Tuotantoprosessissa (liite 1) ekologisuus on huomioitu niin, että kaikki ylijäämä-materiaali palautetaan tehtaalla takaisin kiertoon. Kaikki tuotteet tähtäävät valinnallaan luonnon kannalta parhaaseen mahdolliseen tulokseen. (Konto 2010b.)

Konto Oy:n alustavat testitulokset ovat osoittaneet turvekuitujen olevan kilpailukykyisiä muihin markkinoilla oleviin nykyisiin tuotteisiin. Suurena erona vastaaviin tuotteisiin on ekologisuus, jossa tärkeimpänä on pintaturpeen uusiutuvuus, kierrätettävyys ja turvallisuus luonnonkuituna. (Konto 2010c.)

### 3 Turvelevyn komponentit

#### 3.1 Turve

Turve on muodostunut hyvin kosteissa olosuhteissa maatumalla kuolleista kasvin osista. Kasvava turvekerros syntyy, kun kasvit eivät pääse hajoamaan runsaan veden ja hapen puutteen vuoksi. Turpeen rakenne ja koostumus vaihtelevat suuresti maatumisasteen ja kasvilajikoostumuksen mukaan. (Energiateollisuus, 2010.)

Eloperäisen aineksen osuus turpeessa on yleensä yli 90 % ja siksi sen tuhkapitoisuus on hyvin alhainen. Turpeesta pääosa on hiiltä ja se koostuu monista eri alkuaineista, vaikka mineraaliainespitoisuus on alhainen. Kemiallista rakennetta ei tunneta kovin tarkkaan, mutta turve koostuu suurimolekyylisistä orgaanisista yhdisteistä kuten proteiineista, vahoista, ligniinistä, hartseista, selluloosasta, hemiselluloosasta ja erilaisista humusyhdisteistä. Aineryhmien paljoussuhde riippuu maatumisasteesta. Esimerkiksi mitä pidemmälle maatuminen etenee, sitä enemmän turpeessa on humusyhdisteitä ja ligniiniä. Korkean hiilipitoisuuden vuoksi pitkälle maatunut turve sopii energiantuotantoon. (Kurki 1983, 40; Picken & Reinikainen 2008, 189.)

Mikrobiologisen toiminnan seurauksena on maatuneen turpeen solurakenne oleellisesti muuttunut. Turve on hapanta ja se pystyy sitomaan tehokkaasti kaasuja. Lisäksi negatiivisesti varautunut turpeen pinta pystyy sitomaan sähkökemiallisesti varsinkin kationeja esimerkiksi metalleja ja kasviravinteita. (Picken & Reinikainen 2008, 189.)

Turpeen rakenne on heikosti maatuvilla hyvin huokoinen. Tämä johtuu siitä, että kasvien solukko on melkein hajoamatta. Esimerkiksi rahkaturpeella on poikkeuksellinen fysikaalinen luonne, koska siinä on säilynyt rahkasammaleen ohutseinäinen ja laajaonteloinen rakenne. Turve muistuttaa myös monilla tavoin aktiivihieltä koska sen ominaispinta-ala on  $200 \frac{\text{m}^2}{\text{g}}$ . Kokonaishuokostilavuus on yli 90 prosenttia vähän



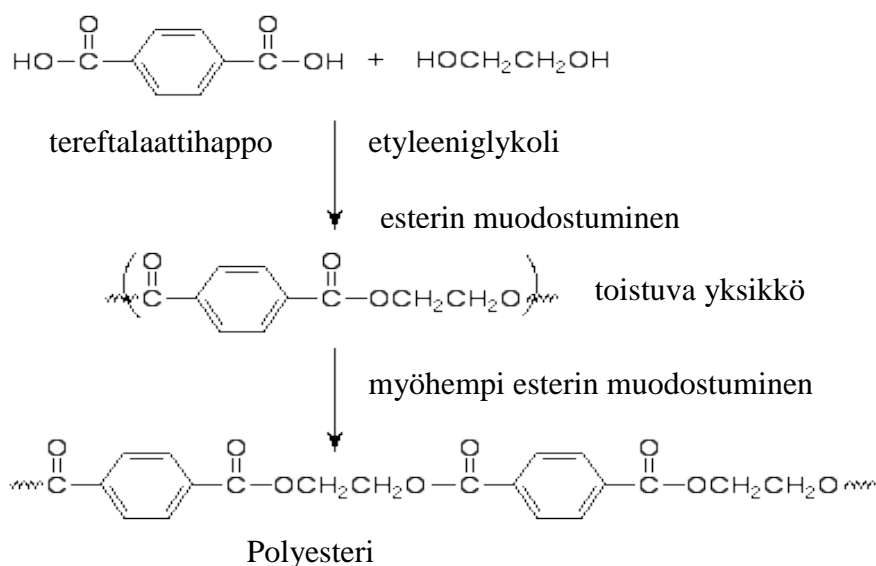
maatuneella rahkaturpeella. Huokoisen rakenteensa vuoksi yksi kuutiometri rahkaturvetta pystyy sitomaan jopa 600-800 litraa nestettä. Nesteen sitoutuminen turpeeseen riippuu erityisesti sen maatumisasteesta, rakenteesta ja koostumuksesta. Pitkälle maatunut turve läpäisee vettä huonosti, kun taas vaalea turve läpäisee vettä hyvin. Tilavuuspaino kasvaa maatumisen edetessä ja vaalean rahkaturpeen tilavuuspaino 50 %:n tuotantokosteudessa on vain 150 kg. (Picken & Reinikainen 2008, 189.)

Turpeella on luonnontilassa käynnissä hidas hajotusprosessi pieneliöiden toimesta. Pintaosissa on suurempi mikrobiologinen aktiivisuus kuin syvemmillä. Tärkeimpiä hajottajia ovat bakteerit, sädebakteerit ja sienet. Pieneliöiden laatuun vaikuttavat pH ja turpeen kosteus. Märissä oloissa bakteerien toiminta korostuu, kun taas happamissa rahkaturpeissa ja varsinkin suon pinnalla ovat sienet tärkeimpiä hajottajia. Tietyillä turpeen bakteereilla on myös antiseptisiä ominaisuuksia. Normaalisti eivät turpeen sisältämät pieneliöt kuitenkaan aiheuta ihmiselle, kasveille tai eläimille mitään haittaa. Biokemiallisilla yhdisteillä, jotka syntyvät turpeen hajoamistuotteena on todettu olevan niin eläinten kun kasvien kasvua edistäviä ominaisuuksia. (Picken & Reinikainen 2008, 189-190.)

Suuren lämpöarvon sisältämät, pitkälle maatuneet turpeet ovat Suomessa käytössä lähinnä energiateollisuudessa. Vähän maatuneet turpeet eivät kelpaa energiateollisuudelle esimerkiksi polttoaineeksi. Vähän maatuneiden turpeiden fysikaaliset, biologiset ja kemialliset ominaisuudet antavat niille erinomaisen ja monipuolisen käytön esimerkiksi ympäristönsuojelussa tavallisen puutarha- ja maatalouden käytön lisäksi. Turpeen edullinen hinta, hyvä saatavuus ja käytön luonnonmukaisuus yhdistettynä jäteainesten hyötykäytön lisääntymiseen ja ympäristökuormituksen alenemiseen ovat merkittäviä tekijöitä näissä käyttömuodoissa. (Picken & Reinikainen 2008, 190.)

### 3.2 Polyesteri

Polyesteri valmistetaan askelpolymeraatioreaktiolla, jossa reagoivat dioli ja dihapo. Eniten käytetty ja hyödyllisin polyesteri on valmistettu polymeraatioreaktiossa substituutioreaktiolla, missä reagoivat etyleeniglykoli (dioli) ja dimetyylitereftalaatti (dihappo) (kuvio 1). (McMurry 1998,341.)



Kuvio 1: Polyesterin muodostuminen (Mukautettu Chemistry 240, 2001)

Tuotetta käytetään esimerkiksi kaupanimestä Dacron, jolloin siitä valmistetaan rengaspunosta ja vaatekuituja. Polyesteristä käytetään myös kaupanimeä Mylar, joka valmistaa muovikalvoja ja ääninauhoja. Polyesterin venymislujuus on lähes sama kuin teräksen. (McMurry 1998, 341.)

Polyesterikuidun valmistusprosessissa voidaan vaikuttaa kuidun molekyylikokoon ja näin myös sen lujuuteen. Kuitua valmistetaan sulakehruumenetelmällä mineraaliöljyistä. Kuitua valmistetaan erikois- tai normaalilujana ja kuidun hienous valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Modifoimalla polyesterikuituja saadaan niistä erikoiskuituja, esimerkiksi palosuojattuja, erikoislujia, kiharia tai antistaattisia. Polyesterikuidun käyttö on hyvin monipuolista. Sitä käytetään esimerkiksi pukeutumiskankaissa ja sisustustekstiileissä. Polyesterikuitua käytetään myös teknisiin tarkoituksiin esimerkiksi köysiin, purjekankaisiin ja nauhoihin. (Finatex.)

### 3.3 Sidonta-aineet

#### 3.3.1 Karboksimeetyliselluloosa (CMC)

Karboksimeetyliselluloosa eli CMC on biohajoava, vesiliukoinen ja synteettinen sideaine (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 188). Se on kemialliselta koostumukseltaan glykolihapon ja selluloosan natriumsuolan muodostama eetteri. CMC:tä valmistetaan selluloosan hajotuksella. Hajotettu selluloosa siirretään reaktoreihin, joihin lisätään 50 %:sta NaOH-liuosta ja etanolia. Aineiden vaikutuksesta selluloosa muuttuu alkaliselluloosaksi. Eetteröityminen tapahtuu lämpötilan noustessa 60-70 °C:seen. Reaktioyhtälö on seuraavanlainen:



|            |             |                  |
|------------|-------------|------------------|
| Alkali-    | Monokloori- | Karboksimeetyli- |
| selluloosa | etikkahappo | selluloosa (CMC) |

(Isotalo 2004, 123)

CMC:tä käytetään yleisesti paperi- ja kartonkiteollisuudessa päällysteseoksissa sideaineena. Elintarviketeollisuus käyttää CMC:tä mehuissa ja kekseissä. Jäätelössä se estää jääkiteiden syntymisen. Muita käyttökohteita ovat esimerkiksi tekstiiliteollisuus, pesuaineteollisuus, keramiikkateollisuus ja kaivosteollisuus. (Isotalo 2004, 123-124.)

CMC liukenee kylmään ja kuumaan veteen (Isotalo 2004, 123). On kuitenkin tärkeää suorittaa kuiva-aineen liuottaminen kylmään veteen mahdollisimman nopeasti mutta tasaisesti paakkuuntumisen estämiseksi (Heinola & Pietikäinen 1982, 12).

#### 3.3.2 Mäntyöljy

Mäntyöljy on sulfaattiselluloosatehtaassa syntyvä rinnakkaistuote. Sen syntyminen perustuu puun, pihkan rasvojen ja hartsihappojen saippuoitumiseen alkalisessa liuoksessa. Rasvat ja hapot muodostavat misellejä, jotka erottuvat ja nousevat mustassa lipeässä kevyempinä pinnalle raakasuovaksi. Erottuminen ei kuitenkaan ole täydellistä ja lipeään jää aina osa suovasta liuenneena. Tehokkain suovan erotus tapahtuu haihduttamalla välilipeäsäiliöstä, jossa kuiva-aine pitoisuus lipeällä on 25-27 %.(Isotalo 2004, 105.)

Lipeäsäiliöstä dekantoitu suopa pumpataan mäntyöljykeittämölle. Keittämössä suopa palstoitetaan mäntyöljyksi ja erotetaan palstoitusnesteestä dekantoimalla tai separaattorin avulla. Mäntyöljyn saantoon vaikuttaa oleellisesti puussa olevan pihkan laatu ja määrä. Saantoon vaikuttaa lisäksi keiton jälkeisen talteenoton tehokkuus. (Isotalo 2004, 105.)

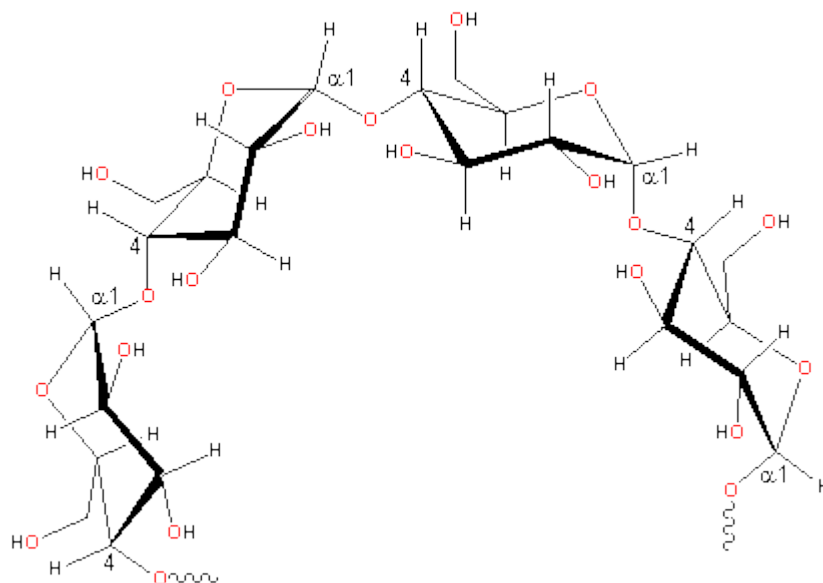
Mäntyöljy koostuu hartsihapoista, joista tavallisimpia ovat abietiinihappo, dehydroabietiinihappo, levomaarihappo, neoabietiinihappo, paluuriinihappo ja pimaarihappo. Tavallisimpia rasvahappoja ovat linolihappo ja öljyhappo. Lisäksi mäntyöljy sisältää pieniä määriä linoleenihappoa ja palmitiinihappoa. Neutraaliaineista pääkomponentteja ovat aldehydit, diterpeenialkoholit ja sterolit. (Isotalo 2004, 105-106.)

Mäntyöljyn raakakäyttö sellaisenaan on vähäistä (Isotalo 2004, 107). Öljyn tislauustuotteet sopivat kuitenkin monenlaiseen kemialliseen jalostukseen (Metsälä 2001, 80). Tislauksessa syntyy pääkomponenttina mäntyrasvahappoja ja mäntyhartsia, lisäksi syntyy esiöljyä ja mäntypikeä (Isotalo 2004, 106-107).

Vähiten jalostetut ainesosat, mäntypiki ja esiöljy ovat toistaiseksi joutuneet lähinnä polttoaineeksi mutta mäntyrasvahapoista tehdään esimerkiksi pinta-aktiivisia aineita ja alkydimaalien sideaineita. Suurin käyttöala mäntyhartsilla on paperiteollisuuden liimojen komponenttina oleminen. Hartsia käytetään myös muihin liimoihin, lakkoihin ja maaleihin huomattavia määriä. Mäntyhartsin jalostus on Suomessa nouseva teollisuudenala ja uusilla menetelmillä on luotu erittäin korkealuokkaisia tartutinhartseja. (Metsälä 2001, 80-81.)

### 3.3.3 Tärkkelys

Tärkkelys on polysakkaridi, tarkemmin glukoosipolymeeri, jonka monosakkaridiyksiköt ovat 1,4'- $\alpha$ -glykosidisidoksin ketjussa toisiinsa (kuvio 3). Tärkkelyksestä voidaan erottaa kaksi osaa, amylopektiini ja amyloosi. 20 % tärkkelyksen painosta koostuu amyloosista ja 80 % amylopektiinistä. Luonnossa tärkkelystä löytyy esimerkiksi perunasta, maissista ja vehnän jyvistä, joissa se on energian varastomuoto. (McMurry 1998, 463.)



Kuvio 3: Lyhyt osa tärkkelyksestä, jossa on neljä glukoosimolekyyliä (Starch, 2003)

Tärkkelys ei liukene kylmään veteen vaan sen liisteröitymiseen tarvitaan lämpöä. Tärkkelysmolekyylien väliset vetysidokset murtuvat kuumien vesimolekyylien kineettisen energian ansiosta. Vesi pääsee tunkeutumaan tärkkelysjyväsiin, joka aiheuttaa tärkkelyksen turpoamista ja näin muodostuu veden kanssa uusia vetysidoksia. Tärkkelysliuoksen viskositeetti lisääntyy, koska pääsee syntymään kolmiulotteinen verkosto. Liika kuumennus kuitenkin hajottaa verkoston. Liisteröityminen esimerkiksi perunatärkkelyksellä alkaa tapahtumaan noin 53-54 °C:ssa. (Kuumien vesimolekyylien Hiilihydraatit, tärkkelys 2005.)

Tärkkelys on yleisesti käytetty vesiliukoinen sideaine esimerkiksi paperiteollisuudessa, jossa suurin osa käytetään pinta- ja massaliimaukseen. Yleensä, raakatärkkelys ei sellaisenaan kelpaa sideaineeksi, vaan sen rakenneketjuja on pilkottava lyhyemmiksi. Tärkkelyksen liukoisuus ja liuoksen viskositeettiominaisuudet paranevat usein kun pilkottuihin rakenneketjuihin liitetään erilaisia kemiallisia ryhmiä. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 188.)

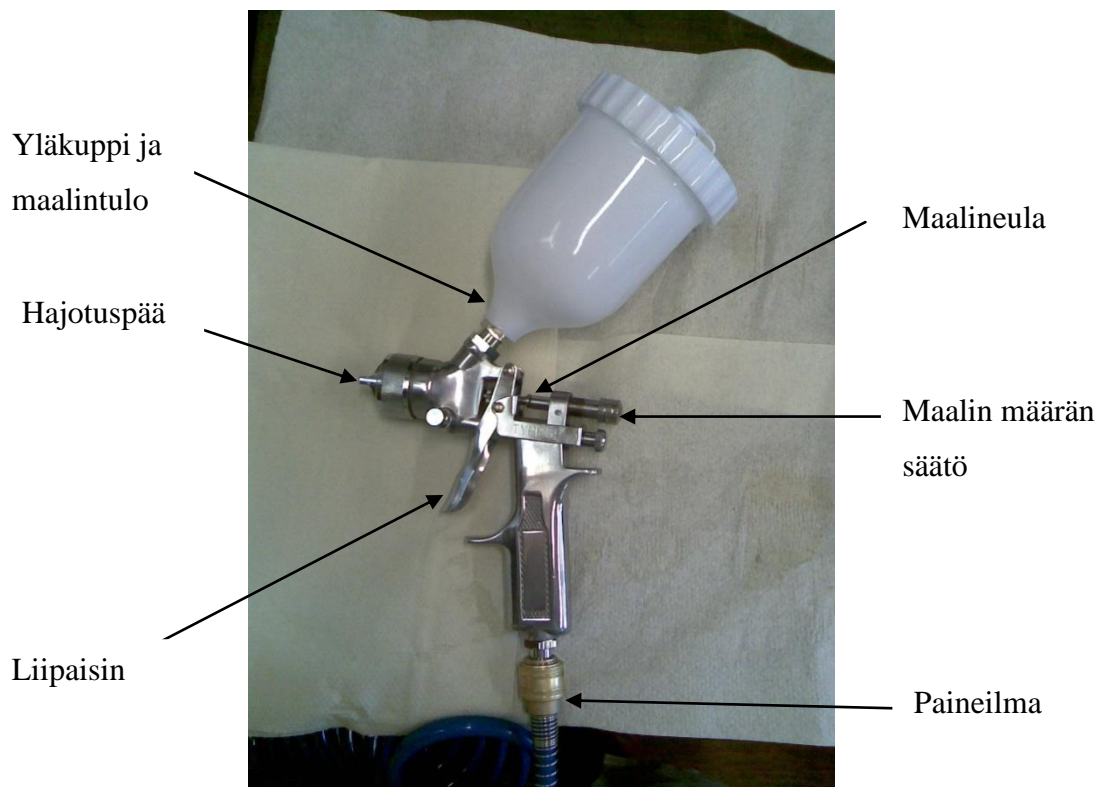
### **3.3.4 Fain Binder**

Fain Binder on testivaiheessa oleva tuote, josta testaukset ovat osittain vielä kesken. Tuote on pölynsidontaan ja pohjustukseen tarkoitettu tuote. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi rakennussaneerauksissa, joissa on tarvetta huokoisten pintojen pohjustukselle tai pölynsidonta-aineelle. Fain Binder on polymeerin vesidispersio, jossa on anionisia tensidejä alle 5 %. Tuote liukenee veteen eikä se sisällä saippuoita tai natriumsuoloja. Fain Binder on biologisesti helposti ja nopeasti hajoava eikä se ole myrkyllinen vesieliöille. Tuotetta ei ole vielä patentoitu, mutta sen ainesosa Fain-erikoistensidiseos on. Liuosta valmistaa Salolainen yritys nimeltään Oy Faintend Ltd. Fain Binderin tarkka resepti on salainen, eikä sitä paljasteta. (ASTQ Supply house; Kauko 2010.)

## **4 Käytetyt metodit**

### **4.1 Sumutus maaliruiskulla**

Sideaineen sumutus tässä työssä suoritettiin maaliruiskulla eli ruiskupistoolilla (kuvio 5). Ruiskupistooli koostuu kahdesta osasta: maaalineulasta ja hajotuspäästä. Maaliruiskun liipaisin toimii ohjauslaitteena. Liipaisinta painettaessa avautuu hajotuspään aukko ja maali tai sideaine tunkeutuu sinne yläkupista. Hajotuspään tehtävä on muodostaa pyörre ja nestevirta niin, että maali tai sideaine hajoaa lukuisiksi pieniksi pisaroiksi. (Häkli 1992, 14-15.)



Kuvio 5: Yläkupillinen maaliruisku

Pisaroiden kokoon vaikuttavat monet asiat esimerkiksi lämpötila, liuotteiden haihtuminen ja sideaineen koostumus. Hajottaminen pieniksi pisaroiksi on sitä vaikeampaa, mitä viskoottisemmasta aineesta on kysymys. Viskositeetti kuitenkin laskee, kun lämpötila nousee. Pisaroiden koko pienenee myös, kun niiden sisältämät liuotteet haihtuvat. (Häkli 1992, 15.)

Ruiskuttaessa sideainetta tai maalia suurin merkitys on maaliviuhkan tasaisuudella. On tärkeää tietää, miten viuhkaa säädetään. Ruiskutettavaa viuhkaa voidaan säätää ruuvilla, mikä näkyy kuviossa 5 maalin määrän säädön kohdalla. Kun ruuvia kierretään, säädetään samalla maalineulaa ja maalimäärää yläkupista. Kun ruuvi on auki, saadaan halutun materiaalin päälle paljon maalia tai sideainetta ja kun ruuvi on kiinni, saadaan vähän. (Häkli 1992, 15-19.)

Paineilma on oleellinen osa ruiskumaalauksesta, koska ilmalla tehdään varsinainen työ. Valtaosa paineilmatyökalusta on suunniteltu työskentelemään 6-7 baarin paineella. Yläkupillisessa ruiskussa, jossa maalikuppi sijaitsee ruiskun yläpuolella onnistuu ruiskuttaminen hyvin pienelläkin ilmanpaineella, koska sideaine valuu maalikanavaan omalla painollaan. Irrotettava maalisäiliö helpottaa lisäksi puhdistamista. (Häkli 1992, 63; Pienoismallit.net.)

## 4.2 Kuivaus

Kuivauksella tarkoitetaan nesteen, yleensä veden poistamista kuivattavasta aineesta osittain tai kokonaan. Liika kosteus poistetaan yleensä ensin mekaanisin keinoin esimerkiksi puristamalla tai imemällä. Lopullinen kuivaus suoritetaan lämmön avulla, jossa voidaan erottaa kaksi tapahtumaa: lämmönsiirto ja aineensiirto. Lämpöä siirretään kuivattavaan materiaaliin useimmiten savukaasujen tai kuivan ilman avulla. Kuivausilman ominaisuuksiin vaikuttavat tällöin esimerkiksi ilman suhteellinen ja absoluuttinen kosteus. Lämpöä kuluu kosteuden haihduttamiseen ja kostean materiaalin lämmittämiseen. (Pihkala 2005, 88.)

Jokaisen kemian laboratorion varusteisiin kuuluu normaalisti lämpökaappi. Lämpötilaa voidaan kaapissa säätää merkistä riippuen +30 °C - +220 °C. Lämpökaappia käytetään pääosin kuivaukseen, esimerkiksi nesteiden tai sakkojen kuivaamiseen. (Laukkanen, Nykänen & Vuokila 1994, 50.)



### 4.3 Täriseulonta

Seulat voidaan ryhmitellä, epäkesko- ja magneettitäriseuloihin sekä säleikköihin. Tässä opinnäytetyössä käsitellään lähemmin epäkeskotäriseulaa koska se oli työssä käytetty metodi. (Pihkala 2005, 28.)

Epäkeskoseulojen käyttö soveltuu karkeaan ja keskikarkeaan seulontaan. Seuloja käytetään 250 mm:n raekoosta alaspäin. Epäkeskoseulan osat ovat epäkeskoakseli tai epäkeskoakselit, käyttölaitteet, seulan runko eli kehys ja seulakori, johon seulapinta tai seulapinnat kiinnitetään. Seulakehykseen on laitettu yksi tai kaksi seulapintaa, joista ylemmässä on karkeampi rae. Laitteen aikaansaaman liikkeen epäkeskeisyys on 3-10 mm ja värähdysluku 900-1500 värähdystä minuutissa. Kehykseen laitettavat seulat asennetaan tavallisesti 10°-12°:n kaltevuuteen, mutta joskus jyrkemmäksiin. Painovoiman ja täryliikkeen yhteisvaikutus saa materiaalikerroksen etenemään seulapinnalla kohti syöttöpäätä. Kuviossa 6 on esitelty tässä työssä käytetty täriseula. (Ojala & Väliäho 2009; Pihkala, 2005, 29.)



Kuvio 6: Pascal Engineerin täriseula

## 5 Laskentakaavat

Tiheys määritetään kaavasta

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

jossa

$\rho$  = tiheys

$m$  = massa

$V$  = tilavuus

(Maol taulukot 1999, 114.)

Keskiarvolla ( $\bar{x}$ ) tarkoitetaan aritmeettista keskiarvoa. Keskiarvo määritellään välimatka- ja suhdeasteikolla kaavasta

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

missä

$x_i$  = i:nnes havaintoarvo

$n$  = havaintoarvojen lukumäärä

(Holopainen 1992, 55.)

Keskihajonnalla ( $s$ ) tarkoitetaan havaintoarvojen ryhmittymistä keskiarvonsa ympärille. Keskihajontaa voidaan käyttää, jos arvot ovat välimatka-asteikollisia. Keskihajonta on sitä pienempi, mitä lähemmäs keskiarvoa havaintoarvot ovat ryhmittyneet. Keskihajonta määritellään kaavasta

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

missä

$x_i$  = i:nnes havaintoarvo

$\bar{x}$  = havaintoarvojen keskiarvo

n = havaintoarvojen lukumäärä

(Holopainen 1992, 60.)

## 6 Esikokeet

### 6.1 Metodien testaus

Työn suorittaminen aloitettiin pohtimalla, mitä metodeja käytettäisiin ja miten sideaineen tehokkuus saataisiin yksinkertaisimmin selville. Päättiin laboratoriokokeesta, jossa sidonta-aineen tehokkuutta testattaisiin. Kokeessa turvelevy punnittaisiin ja ruiskutettaisiin sideaineella. Tämän jälkeen turvelevy kuivattaisiin. Turpeen irtoaminen turvelevystä sideaineen kanssa testattaisiin kokeessa, jossa levyä täristettäisiin täryseulalla ja astian pohjalle irronnut turve punnittaisiin. Irronnutta turpeen massaa verrattaisiin alkuperäiseen turvelevyn massaan ja näin saataisiin irronnut turve selville. Koe toistettaisiin jokaisen sidonta-aineen kohdalla neljä kertaa ja tuloksista laskettaisiin turpeen prosentuaaliselle irtoamiselle keskiarvo.

Käytettyjä metodeja varten tuli kehittää alustoja turvelevyille. Tarvittaisiin alustat turvelevyn ruiskutusta, kuivatusta, täristystä ja säilyttämistä varten. Alustat eivät saaneet olla liian isoja, jotta ne mahtuisivat lämpökaappiin. Päädyttiin alumiinifoliorasioihin, joista rakennettiin yhdessä rautalangan kanssa myös täristystä varten alustat turvelevyille (kuvio 7).



Kuvio 7: Täristyksessä käytetty folioastia turvelevylle

Konto Oy:lle ilmoitettiin, että testattavat turvelevyt tulisi olla 30 senttimetriä pitkiä ja 25 senttimetriä leveitä. Paksuus ei saisi ylittää 5 senttimetriä. Ensimmäinen turvelevy-erä koostui noin 60 turvelevystä, jotka olivat haluttujen mittojen mukaisia. Levyt kuitenkin poikkesivat toisistaan huomattavasti. Turvetta oli toisissa levyissä enemmän kuin toisissa ja levyjen painot ja tiheydet poikkesivat suuresti toisistaan. Tämän arveltiin aiheuttavan ongelmia jatkossa. Toinen turvelevy-erä saatiin, kun ensimmäinen oli loppunut. Toinen turvelevy-erä poikkesi ensimmäisestä turvelevy-erästä. Erä oli selvästi tasalaatuisempi. Kuvioissa 8 ja 9 on esitelty saatujen turvelevyjen muotoa päältä ja sivulta.



Kuvio 8: Turvelevy edestä



Kuvio 9: Turvelevy sivusta

Testaaminen turvelevyillä aloitettiin aluksi selvittämällä täristyskokeeseen tarvittava aika. Kokeessa etsittiin aikaa, joka oli riittävä turpeen irtoamiselle turvelevystä. Täryseula, jota kokeessa käytettiin oli vanha prosessilaboratorion täryseula, kuvio 6. Pascall Engineering-täryseulassa oli vain yksi taajuus, jolla täristys saatiin aikaiseksi. Tämä taajuus ja täristys, jonka laite sai aikaan, oli erittäin voimakas.

Koe aloitettiin laittamalla turvelevy ilman sideaineita kuviossa 7 olevalle alustalle. Täristys aloitettiin ja seurattiin kuinka paljon turvetta levystä irtoaisi. Huomattiin, että 15 minuutin jälkeen ei turvetta enää levystä irronnut huomattavasti. Testauksessa päädyttiin täristysaikaan 15 minuuttia, jonka jälkeen myös punnittavan turpeen määrä olisi luotettava ja tarpeeksi suuri, jotta se voitaisiin punnita.

Sidonta-aineen ruiskutusta varten vetokaappi vuorattiin suojamuovilla. Kaappiin rakennettiin vino alusta, jotta ruiskutus tapahtuisi mahdollisimman tasaisesti ja helposti joka puolelta turvelevyä.

Ruiskutusta varten, maaliruisku kiinnitettiin paineletkun ja letkunkiristimien avulla vetokaapissa olevaan paineilmayksikköön. Paine, jolla ruiskutus tapahtui, mitattiin ja se oli 6,5 baaria. Sideainetta kaadettiin maaliruiskun yläkuppiin ja ruiskutus tapahtui noin 30 cm päästä turvelevystä. Sumutuksessa käytettiin pyöreätä sumutusviuhkaa, joka pystytettiin maaliruiskulla säätämään. Pyöreällä sumutuksella havaittiin olevan suurin mahdollinen pinta-ala ruiskutuksessa. Maaliruiskun syöttöä säädettiin niin, että mitä viskoottisempaa ruiskutettava sideaine oli, sitä enemmän avattiin syötön ruuvia.





Kuvio 10: Turvelevyn ruiskutus sideaineella

Ruiskutuksen aikana turvelevy käännettiin käsin, jotta sideainetta saataisiin joka puolelle turvelevyä (kuvio 10). Turvelevyjen ruiskutukseen kului aluksi noin 60 ml sideainetta. Tehokkaan ja rutiininomaisen ruiskutuksen löydyttyä sideainetta kului 40-50 ml per turvelevy. Kulutus riippui myös hyvin paljon sideaineen viskoottisuudesta. Viskoottisimmilla aineilla käytettiin ruiskutukseen 40 ml sideainetta.

Ruiskutuksen jälkeen testattiin kuivausaika ja lämpötila. Aluksi testattiin lämpötilaa +90 °C, mutta turvelevy rupesi nopeasti ja voimakkaasti haisemaan. Lämpötilaa laskettiin +70 °C:een ja se todettiin hyväksi. Sideaineen kuivumiseen turvelevyn pinnalle meni aikaa noin 30 minuuttia. Tasaisen kuivumisen aikaansaamiseksi havaittiin hyväksi kääntää turvelevyt 15 minuutin kohdalla.

## 6.2 Sideaineiden esitestaus

Ennen sideaineiden testausta tuli määrittää referenssi eli kontrollinäyte, jossa turpeen karisuntaa testattiin turvelevylle, jossa ei ollut sideaineita. Turvelevyä täristettiin 15 minuutin ajan ja folioastian pohjalle tippunut turve punnittiin. Näin saatiin vertailukohde kokeille, joissa turpeen irtoamista sideaineiden kanssa testattiin.

### 6.2.1 Karboksimeetyliselluloosan testaaminen

Sideaineiden testaus aloitettiin karboksimeetyliselluloosasta, eli CMC:stä. Kiinteä CMC saatiin Konto Oy:ltä ja yritys oli testannut ainetta pitoisuudella, joka vastasi noin 5-massaprosenttista liuosta. Kyseisellä pitoisuudella oli saatu jo hyvä liimapinta turvelevylle. Päätettiin, että testaus aloitetaan 1-massaprosenttisesta liuoksesta ja siitä ylöspäin olevilla pitoisuuksilla, aina viiteen massaprosenttiseen liuokseen asti.

1-massaprosenttista liuosta valmistettiin 100 ml, punnitsemalla yksi gramma CMC:tä ja liuottamalla se 99 ml:aan kylmää vettä. Liuosta valmistettaessa huomattiin, että CMC on erittäin vaikeasti veteen liukeneva. Lisäksi CMC muodostaa liuetessaan veteen liisterimäisen, viskoottisen seoksen. Tislattun veden tuli liuotuksissa olla kylmää ja liukeneminen vaati tehokkaan sekoituksen, koska CMC paakkuuntui erittäin helposti. Tehokasta sekoitusta varten valittiin avuksi pystysekoittaja (kuvio 11). CMC liukeni tislattuun veteen pystysekoittimen avulla noin yhdessä tunnissa. Valmista liuosta säilytettiin jääkaapissa, jottei paakkuuntumista tapahtuisi.



Kuvio 11: CMC:n valmistus pystysekoittimen avulla

Testattaessa 1-massaprosenttista CMC-liuosta sisältävää levyä täristyskokeessa huomattiin, että turvetta irtosi levystä huomattava määrä. Massa oli lähes sama kuin kontrollinäytteellä. Todettiin, että pitoisuutta tulisi kasvattaa. Seuraavaksi testattiin 2-massaprosenttinen CMC-liuos. Pitoisuudella ei kuitenkaan saatu toivottua tulosta, koska turvetta irtosi saman verran kuin kontrollista. 3-massaprosenttisella liuoksella havaittiin, että turvetta irtosi huomattavasti vähemmän kontrolliin nähden. Seuraavaksi testattiin 3,5-massaprosenttinen CMC, jonka huomattiin olevan jo todella viskoottista. Ruiskutus onnistui kuitenkin hyvin ja päätettiin valmistaa vielä 3,75-massaprosenttinen CMC-liuos. Tämä liuos alkoi kuitenkin olla jo liian hankalaa käsiteltäväksi. Liuosta oli todella vaikea saada pullosta kaadettua maaliruiskun yläkuppiin. Lisäksi maaliruisku ei jaksanut kunnolla hajottaa liuosta hienoksi sumuksi. Kuivauksen jälkeen CMC kovettui turvelevyn pintaan kovaksi kalvoksi.

Täristyskokeet olivat antaneet 3-massaprosenttisille CMC-liuoksille lupaavia tuloksia, eikä turvetta levyistä enää paljon irronnut. Seuraavaksi päätettiin tehtyjen kokeiden perusteella CMC-liuosten pitoisuudet, joilla lähdettiin kokeita toistamaan. Pitoisuudet olivat 3-, 3,25-, 3,5- ja 3,75-massaprosenttiset liuokset. Kaikkien sideaineiden testauksen jälkeen ja kokeita jo lopettaessa, päätettiin kuitenkin vielä testata 2-



massaprosenttinen CMC-liuos. Ongelmaksi tässä testauksessa muodostui se, että saadut turvelevyt olivat loppuneet ja oli pakko ottaa käyttöön toisen erän turvelevyt. Levyt poikkesivat ensimmäisestä erästä, mutta ne päätettiin ottaa rinnakkaisnäytetarkasteluun muiden CMC-pitoisuuksien kanssa.

### **6.2.2 Mäntyöljyn testaaminen**

Mäntyöljyn testaaminen aloitettiin 5-tilavuusprosenttisella liuoksella, koska öljy ei ole niin viskoottista kuin CMC, lisäksi öljyn viskoottisuus laskee laimennettaessa sitä alkoholiin. Päädyttiin tulokseen, että mäntyöljyn pitoisuus tulee olla suurempi. Mäntyöljyä valmistettiin esikokeissa 100 ml, liuottamalla 5 ml:aa raakaa mäntyöljyä 95 ml:aan B-etanolia. Kokeissa käytettiin kakkoslaatuista mäntyöljyä, joka saatiin Tampereen ammattikorkeakoulun orgaanisen kemian laboratoriosta ja tarkempia tunnistetietoja siitä ei ollut saatavilla. Kuivaus päätettiin tehdä huoneenlämmössä, koska alkoholi on nopeasti haihtuvaa, eikä kuivuminen kestäisi kauaa. Lisäksi alkoholin leimahtaminen aiheutti omat haasteensa lämpökaapin käyttöön. Mäntyöljy kuivui noin tunnissa, mutta jätti rasvaisen pinnan turvelevyn pinnalle. Täristyskokeessa saatiin lupaavia tuloksia. Turvetta irtosi melko paljon, mutta suhteessa kontrolliin vähän.

Seuraavaksi päätettiin pitoisuutta kasvattaa ja otettiin 6-tilavuusprosenttinen mäntyöljy testaukseen. Tulokset olivat lupaavia ja turvetta irtosi melko vähän levyistä. Testauksia jatkettiin kasvattamalla pitoisuutta ja lopulta päädyttiin yhdessä täristyskokeiden kanssa testaamaan rinnakkaisilla näytteillä 6-, 7-, 10- ja 20-tilavuusprosenttiset liuokset. Suurimmilla pitoisuuksilla huomattiin kuitenkin mäntyöljyn tuoksun olevan erittäin voimakas ja öljyn jättävän rasvaisen pinnan turvelevyn pintaan. Kokeet päätettiin kuitenkin toteuttaa päätetyillä pitoisuuksilla, koska täristyskokeet olivat niin hyviä, eikä turvetta levyistä juurikaan irronnut.

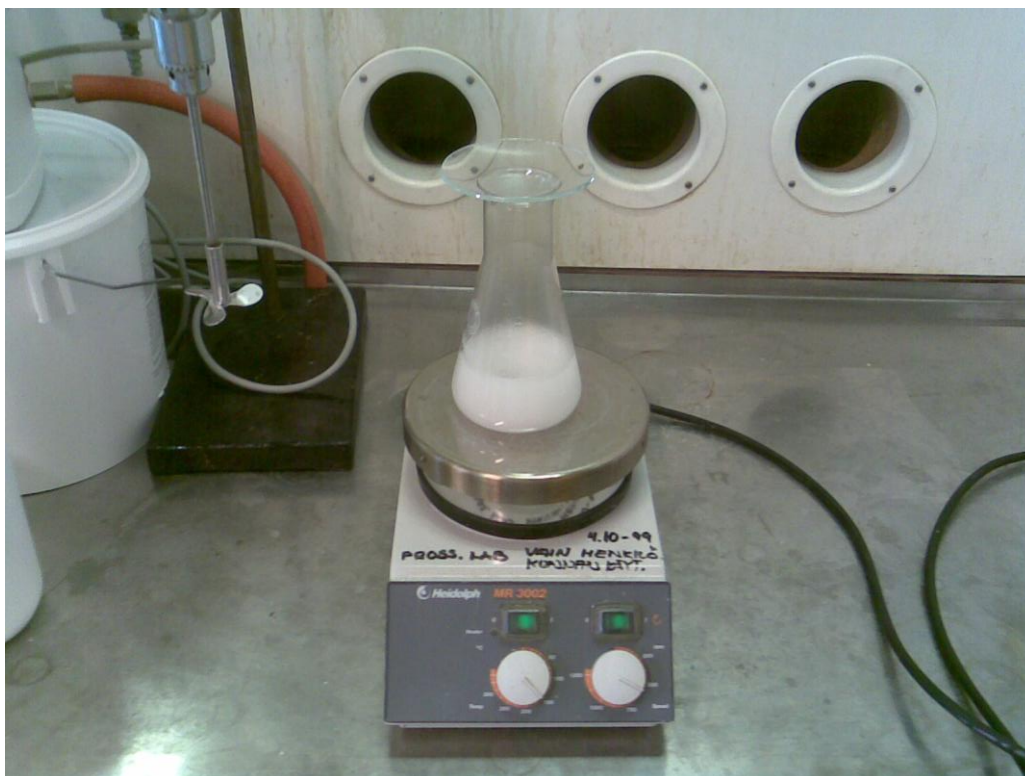
### 6.2.3 Fain Binderin testaaminen

Idea Fain Binderin testaukseen sidonta-aineena saatiin Konto Oy:ltä. Liuos toimitettiin firman kautta laboratoriotestauksiin. Fain Binder on maitomainen liuos joka liukeni hyvin veteen. Tuotetta testattiin aluksi 100-tilavuusprosenttisena ja sen huomattiin muodostavan erittäin hyvän liimapinnan, pinnan olematta kuitenkaan tahmea. Tuotteen käsittely oli erittäin helppoa verrattaessa esimerkiksi CMC:hen, koska tuote ei ollut liisterimäistä, vaikeasti liukenevaa ja sen ruiskutus onnistui hyvin.

Fain Binderiä lähdettiin aluksi laimentamaan 10-tilavuusprosenttiseksi. Liuosta varten mitattiin 10 ml Fain Binderiä, joka laimennettiin 90 ml:aan tislattua vettä. Pitoisuus testattiin turvelevyllä, ruiskutettiin, kuivattiin ja täristettiin samalla tavoin kuin CMCN tapauksessa. Pitoisuus huomattiin kuitenkin liian alhaiseksi. Turvetta irtosi levystä huomattava määrä kontrolliin nähdessä. Täristyksen ja irronneen turpeen punnituksen jälkeen päätettiin, että pitoisuutta tulisi kasvattaa huomattavasti ja päädyttiin testaamaan aina kymmenyksen suuremmalla pitoisuudella, kunnes turvetta ei irtoaisi turvelevystä. 30-tilavuusprosenttisella liuoksella huomattiin turpeen vähäisempi irtoaminen. Päätettiin ottaa pitoisuus lähempään tarkasteluun ja tuleviin rinnakkaiskokeisiin. Esikokeita suoritettiin eteenpäin, aina 100-tilavuusprosenttiin asti ja rinnakkaisnäyttein päätettiin lähteä testaamaan 30-, 60-, 80- ja 100-tilavuusprosenttiset liuokset.

### 6.2.4 Tärkkelysliuoksen testaaminen

Tärkkelysliuoksen valmistuksessa, liuotettiin tärkkelys aluksi varovasti kylmään veteen, jolloin saatiin aikaan suspensio. Liuoksen valmistamiseen tarvittiin avuksi lämpölevyllistä magneettisekoittajaa (kuvio 12). Lämpötila keittolevyllä asetettiin 90 °C:een ja liuosta sekoitettiin voimakkaasti magneettisekoittajan avulla. Tärkkelys alkoi liisteröityä liuoksen lämpötilan noustessa ja keittäminen lopetettiin, kun huomattiin sopivan liisteröitymisen tapahtuneen. Aikaa tähän käytettiin noin 15 minuuttia.



Kuvio 12: Tärkkelysliuoksen valmistus

Tärkkelyksen testauksessa sideaineena päätettiin aloittaa kokeet samalla tavoin, kun CMC:n kanssa oli toimittu, koska kyseessä oli myös liisterimäinen liuos. Testaaminen aloitettiin 2-massaprosenttisesta liuoksesta. Aluksi punnittiin kaksi grammaa tärkkelystä ja se laimennettiin 98 ml:aan kylmään veteen. Ruiskutuksen, kuivauksen ja täristyksen jälkeen huomattiin tärkkelyksen toimineen hyvin ja pitoisuutta päätettiin kasvattaa, koska turvetta irtosi melko paljon kontrolliin nähden. Kokeissa edettiin aina 8-massaprosenttisuuteen asti, jolloin tärkkelyksen käsittely oli jo lähes mahdotonta viskoottisuutensa takia. Mitä suurempi pitoisuus tärkkelysliuoksella oli, sitä kovemman kalvon se muodosti turvelevyn päälle. Rinnakkaiskokeisiin päätettiin ottaa 3-, 4-, 5- ja 6-massaprosenttiset liuokset.

## 7 Valittujen sideaineiden mittausmenetelmät

Sidonta-aineiden testauksessa määritettiin aluksi kokeille kontrollinäyte. Näyte testattiin ilman sidonta-aineita niin, että neljä turvelevyä punnittiin ja täristettiin 15 minuutin ajan. Täristyksen aikana folioastian pohjalle irronnut turve punnittiin (kuvio 13) ja määrää verrattiin prosentuaalisesti turvelevyn alkuperäiseen massaansa. Todellinen turpeen irtoaminen turvelevyille saatiin näin selvitettyä.



Kuvio 13: Kontrollinäytteestä irronnutta turvetta folioastialla

CMC:n testauksessa sideaineena käytettiin pitoisuuksia 2-, 3-, 3,25-, 3- ja 3,75-massaprosenttisia liuoksia. Fain Binderin testauksessa, käytetyt pitoisuudet olivat 30-, 60-, 80- ja 100-tilavuusprosenttiset liuokset. Mäntyöljyn käytetyt pitoisuudet olivat 6-, 7-, 10- ja 20-tilavuusprosenttiset liuokset. Tärkkelyksen testauksessa valitut pitoisuudet olivat 3-, 4-, 5- ja 6-massaprosenttiset liuokset. Rinnakkaisnäytteitä jokaiselle pitoisuudelle tehtiin neljä kappaletta. Työssä, rinnakkaisnäytteet on merkitty kirjaimin A, B, C ja D.

Sideaineiden testaukset suoritettiin esikokeissa löydettyjen hyväksyttyjen havaittujen metodien mukaan. Testaukset koostuivat turvelevyjen punnitsemisesta ja sidonta-aineiden sumutuksesta, missä noin 40 ml testattavaa ainetta sumutettiin maaliruiskulla turvelevyn jokaiselle kohdalle tasaisesti noin 30 cm päästä. Testattavan turvelevyn mitat olivat keskimäärin noin 20x25x1,6 cm. Paine maaliruiskulla oli 6,5 baaria ja maaliruiskun syöttöä annosteltiin sumutettavan aineen viskoottisuuden mukaan. CMC:n ja tärkkelyksen ruiskutuksessa käytettiin maaliruiskun suurinta syöttöä, koska ne olivat testauksen viskoottisimmat aineet. Sideaineiden sumutukseen riitti 40 ml, kun taas Fain Binderin ja Mäntyöljyn ruiskutukseen kului 50 ml sidonta-ainetta.

Kuivaus tapahtui sumutuksen jälkeen lämpökaapissa +70 °C:ssa, puolen tunnin ajan. Viidentoista minuutin kohdalla turvelevyt käännettiin, jotta kuivuminen olisi tasaista. Mäntyöljyn kuivaus tapahtui huoneenlämmössä, jossa turvelevyt kuivuivat noin tunnissa. Itse turpeen karisunta turvelevystä yhdessä sidonta-aineen kanssa testattiin laboratoriotäristimellä, missä näytettä täristettiin voimakkaasti 15 minuuttia ja tämän jälkeen folioastialle pudonnut turve punnittiin. Punnitus tapahtui siirtämällä folioastian pohjalle irronnut turve puhtaan siveltimen avulla kellolasille. Irronneen turpeen punnitustulosta verrattiin prosentuaalisesti turvelevyn alkuperäiseen massaansa. Lisäksi jokaiselle levyille määritettiin tiheys.

## 8 Mittaustulosten käsittely

Seuraavissa taulukoissa on esitetty testattujen sidonta-aineiden rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tuloksissa on esitelty turvelevyjen massa, paksuus, pituus ja leveys, joista on laskettu turvelevyille tiheys kaavan 1 avulla. Lisäksi taulukoissa on esitetty turvelevyjen turpeen irtoaminen sideaineen ruiskutuksen ja täristyksen jälkeen sekä ilmoitettu turpeen prosentuaalinen irtoaminen verrattaessa sitä levyn alkuperäiseen massaansa.

## 8.1 Kontrollinäytteen mittaustulokset

Taulukossa 1 on esitelty kontrollinäytteen rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 1: Kontrolli

|  | Levy A                             | Levy B | Levy C | Levy D |
|--|------------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>Turvelevyn massa /g</b>   | 76,9                               | 69,7   | 83,3   | 96,9   |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,6                                | 1,7    | 1,8    | 1,8    |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 24,6                               | 24,7   | 24,7   | 24,7   |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 19,9                               | 20     | 19,9   | 20     |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 76,9 g/(1,6*24,6*19,9) cm ≈ 0,0982 | 0,0830 | 0,0942 | 0,1090 |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,322                              | 0,495  | 0,553  | 0,368  |
| <b>Turpeen irtoaminen täristyksen jälkeen suhteutettuna alkuperäiseen levyn painoon/ %</b> | (322/76900)*100% ≈ 0,4187          | 0,7102 | 0,6639 | 0,3798 |

## 8.2 Karboksimeetyyliselluloosan mittaustulokset

Taulukossa 2 on esitelty 2-massaprosenttisen CMC:n rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää kaksi.

Taulukko 2: 2 m-% CMC

|  | Levy A | Levy B | Levy C | Levy D |
|--|--------|--------|--------|--------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>  | 106,5  | 98,8   | 98,8   | 116,1  |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,5    | 1,7    | 1,6    | 1,7    |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 24,8   | 25     | 24     | 25     |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 20,2   | 20     | 20,2   | 20     |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 0,1417 | 0,1162 | 0,1274 | 0,1366 |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,015  | 0,01   | 0,014  | 0,033  |
| <b>Turpeen irtoaminen täristyksen jälkeen suhteutettuna alkuperäiseen levyn painoon/ %</b> | 0,0141 | 0,0101 | 0,0142 | 0,0284 |

Taulukossa 3 on esitelty 3-massaprosenttisen CMC:n rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 3: 3 m-% CMC

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 77,3          | 82,1          | 81            | 81,6          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,8           | 1,9           | 1,7           | 1,6           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,9          | 24,9          | 24,7          | 24,4          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 19,9          | 19,9          | 19,9          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0862        | 0,0872        | 0,0969        | 0,1050        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,174         | 0,193         | 0,113         | 0,046         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>painoon/ %</b> | 0,2251        | 0,2351        | 0,1395        | 0,0564        |

Taulukossa 4 on esitelty 3,25-massaprosenttisen CMC:n rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 4: 3,25 m-% CMC

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 67,2          | 67,6          | 72,7          | 64,4          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,6           | 1,7           | 1,8           | 1,7           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 25            | 24,9          | 24,6          | 24,7          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 19,9          | 19,9          | 19,8          | 19,6          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0844        | 0,0803        | 0,0829        | 0,0782        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,037         | 0,132         | 0,08          | 0,159         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>painoon/ %</b> | 0,0551        | 0,1953        | 0,1100        | 0,2469        |

Taulukossa 5 on esitelty 3,5-massaprosenttisen CMC:n rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä saatua turvelevyettä yksi. Kuviossa 14 on esitelty turpeen irtoaminen turvelevystä kellolasilla 3,5-massaprosenttisen CMC:n ruiskutuksen ja täristyksen jälkeen.

Taulukko 5: 3,5 m-% CMC

|  | Levy A | Levy B | Levy C | Levy D |
|--|--------|--------|--------|--------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>  | 68,02  | 78,4   | 88     | 81,3   |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,8    | 1,8    | 1,8    | 1,4    |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 25,1   | 25     | 24,9   | 24,8   |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 20     | 20     | 19,9   | 19,9   |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 0,0753 | 0,0871 | 0,0987 | 0,1177 |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,035  | 0,049  | 0,0108 | 0,049  |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>täristyksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0515 | 0,0625 | 0,0123 | 0,0603 |



Kuvio 14: Irronnutta turvetta kellolasilla 3,5-massaprosenttisen CMC:n ruiskutuksen, kuivauksen ja täristyksen jälkeen



Taulukossa 6 on esitelty 3,75 massaprosenttisen CMC:n rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 6: 3,75 m-% CMC

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 88,4          | 74            | 87,6          | 81,8          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,8           | 1,8           | 1,9           | 1,7           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,9          | 25,1          | 24,9          | 24,8          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 20            | 20            | 19,9          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,09862       | 0,08189       | 0,09258       | 0,09750       |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,034         | 0,095         | 0,114         | 0,047         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0385        | 0,1284        | 0,1301        | 0,0575        |

### 8.3 Mäntyöljyn mittaustulokset

Taulukossa 7 on esitelty 6-tilavuusprosenttisen mäntyöljyn rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 7: 6 til-% mäntyöljy

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 73,7          | 68,3          | 73,4          | 94,8          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,7           | 1,5           | 1,6           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,9          | 24,8          | 24,9          | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 19,9          | 19,9          | 19,8          | 19,9          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0875        | 0,0923        | 0,0930        | 0,1059        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,029         | 0,008         | 0,032         | 0,035         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0393        | 0,0117        | 0,0436        | 0,0369        |

Taulukossa 8 on esitelty 7-tilavuusprosenttisen mäntyöljyn rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 8: 7 til-% mäntyöljy

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 73            | 73,5          | 92,8          | 59,9          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,8           | 1,6           | 1,6           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,8          | 24,9          | 25            | 24,8          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 19,8          | 20            | 20            |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0818        | 0,0932        | 0,1160        | 0,0671        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,105         | 0,004         | 0,015         | 0,055         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,1438        | 0,0054        | 0,0162        | 0,0918        |

Taulukossa 9 on esitelty 10-tilavuusprosenttisen mäntyöljyn rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 9: 10 til-% mäntyöljy

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 105,6         | 87,8          | 57,7          | 79            |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,8           | 1,6           | 1,7           | 1,7           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,9          | 24,7          | 24,6          | 24,8          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 19,9          | 20            | 20            |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,1178        | 0,1116        | 0,0690        | 0,0937        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,024         | 0,017         | 0,015         | 0,052         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0227        | 0,0194        | 0,0260        | 0,0658        |

Taulukossa 10 on esitelty 20 tilavuusprosenttisen mäntyöljyn rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä saatua turvelevyerää yksi. Kuviossa 15 on esitelty turpeen irtoaminen turvelevystä kellolasilla 20 tilavuusprosenttisen mäntyöljyn ruiskutuksen ja täristyksen jälkeen.

Taulukko 10: 20 til-% mäntyöljy

|  | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>  | 92,3          | 88,6          | 88,2          | 73,4          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,8           | 1,6           | 1,7           | 1,7           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 25            | 25            | 24,8          | 24,9          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 20            | 20            | 19,9          | 19,9          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 0,1026        | 0,1108        | 0,1051        | 0,0871        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,019         | 0,04          | 0,023         | 0,027         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>täristyksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0206        | 0,0451        | 0,0261        | 0,0368        |



Kuvio 15: Irronnutta turvetta kellolasilla 20 tilavuusprosenttisen mäntyöljyn ruiskutuksen, kuivauksen ja täristyksen jälkeen

#### 8.4 Fain Binderin mittaustulokset

Taulukossa 11 on esitelty 30-tilavuusprosenttisen Fain Binderin rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä saatua turvelevyettä yksi. Kuviossa 16 on esitelty turpeen irtoaminen turvelevystä kellolasilla 30-tilavuusprosenttisen Fain Binderin ruiskutuksen ja täristyksen jälkeen.

Taulukko 11: 30 til-% Fain Binder

|  | Levy A | Levy B | Levy C | Levy D |
|--|--------|--------|--------|--------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>  | 93,7   | 75,7   | 89,6   | 92,3   |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,7    | 1,8    | 1,6    | 1,8    |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 24,9   | 24,7   | 24,7   | 24,9   |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 20     | 19,9   | 20     | 20     |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 0,1107 | 0,0856 | 0,1134 | 0,1030 |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,066  | 0,041  | 0,177  | 0,303  |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>täristyksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0704 | 0,0542 | 0,1975 | 0,3283 |



Kuvio 16: Irronnutta turvetta kellolasilla 30 tilavuusprosenttisen Fain Binderin ruiskutuksen, kuivauksen ja täristyksen jälkeen

Taulukossa 12 on esitelty 60-tilavuusprosenttisen Fain Binderin rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 12: 60 til-% Fain Binder

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 84,5          | 75,8          | 65,5          | 110,4         |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,7           | 1,7           | 1,7           | 1,9           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 25            | 24,7          | 24,9          | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 19,9          | 19,9          | 20            |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0994        | 0,0907        | 0,0778        | 0,1162        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,037         | 0,063         | 0,203         | 0,069         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0438        | 0,0831        | 0,3099        | 0,0625        |

Taulukossa 13 on esitelty 80-tilavuusprosenttisen Fain Binderin rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 13: 80 til-% Fain Binder

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 78            | 79,7          | 62,6          | 95,7          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,6           | 1,7           | 1,4           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,8          | 24,9          | 24,7          | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 19,9          | 19,8          | 19,9          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0983        | 0,0946        | 0,0914        | 0,1069        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,079         | 0,107         | 0,118         | 0,132         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,1013        | 0,1343        | 0,1885        | 0,1379        |

Taulukossa 14 on esitelty 100 tilavuusprosenttisen Fain Binderin rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää yksi.

Taulukko 14: 100 V-% Fain Binder

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 75,5          | 94,9          | 86,5          | 69,6          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,6           | 1,8           | 1,6           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 25            | 24,9          | 24,7          | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 19,9          | 19,9          | 20            | 20            |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,0948        | 0,1064        | 0,1094        | 0,0773        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,023         | 0,095         | 0,303         | 0,466         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0305        | 0,1001        | 0,3503        | 0,6695        |

## 8.5 Tärkkelyksen mittaustulokset

Taulukossa 15 on esitelty 3-massaprocenttisen tärkkelyksen rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää kaksi.

Taulukko 15: 3 m-% tärkkelys

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 96,8          | 100,6         | 113,6         | 97,2          |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,4           | 1,6           | 1,9           | 1,7           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 25            | 24,9          | 25            | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 20            | 20            | 20            |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,1383        | 0,1263        | 0,1196        | 0,1144        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,013         | 0,016         | 0,018         | 0,031         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>tärityksen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,01343       | 0,01590       | 0,01585       | 0,03189       |

Taulukossa 16 on esitelty 4-massaprosenttisen tärkkelyksen rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää kaksi.

Taulukko 16: 4 m-% tärkkelys

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 101           | 97,1          | 111,6         | 111,5         |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,6           | 1,9           | 1,9           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 25,1          | 25            | 24,9          | 25            |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20,2          | 20            | 20,1          | 20,2          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,1245        | 0,1022        | 0,1174        | 0,1227        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,01          | 0,078         | 0,031         | 0,077         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>täristykseen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,0099        | 0,0803        | 0,0278        | 0,0691        |

Taulukossa 17 on esitelty 5-massaprosenttisen tärkkelyksen rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää kaksi.

Taulukko 17: 5 m-% tärkkelys

|   | <b>Levy A</b> | <b>Levy B</b> | <b>Levy C</b> | <b>Levy D</b> |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>   | 108,3         | 103,3         | 102,3         | 107,7         |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>  | 1,6           | 1,7           | 1,8           | 1,8           |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>   | 24,1          | 24,8          | 25,1          | 24,9          |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>  | 20            | 20            | 20            | 20,2          |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>   | 0,1404        | 0,1225        | 0,1132        | 0,1190        |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>   | 0,014         | 0,012         | 0,023         | 0,023         |
| <b>Turpeen irtoaminen<br/>täristykseen jälkeen<br/>suhteutettuna<br/>alkuperäiseen levyn<br/>massaan/ %</b> | 0,01292705    | 0,01161665    | 0,02248289    | 0,02135562    |

Taulukossa 18 on esitelty 6-massaprosenttisen tärkkelyksen rinnakkaisnäytteiden mittaustulokset. Tulokset on saatu käyttämällä turvelevyerää kaksi. Kuviossa 17 on esitelty turpeen irtoaminen turvelevystä kellolasilla 6-massaprosenttisen tärkkelyksen ruiskutuksen ja täristyksen jälkeen.

Taulukko 18: 6 m-% tärkkelys

|  | Levy A | Levy B | Levy C | Levy D |
|--|--------|--------|--------|--------|
| <b>Turvelevyn massa/g</b>  | 117,1  | 109,4  | 99,4   | 102,9  |
| <b>Turvelevyn paksuus/cm</b>   | 1,7    | 1,6    | 1,7    | 1,7    |
| <b>Turvelevyn pituus/cm</b>  | 25     | 24,8   | 25     | 25,3   |
| <b>Turvelevyn leveys/ cm</b>   | 19,9   | 20,1   | 19,8   | 20     |
| <b>Turvelevyn tiheys g/cm<sup>3</sup></b>  | 0,1385 | 0,1372 | 0,1181 | 0,1196 |
| <b>Turvetta irtosi /g</b>  | 0,021  | 0,005  | 0,044  | 0,02   |
| <b>Turpeen irtoaminen täristyksen jälkeen suhteutettuna alkuperäiseen levyn massaan/ %</b> | 0,0179 | 0,0046 | 0,0443 | 0,0194 |



Kuvio 17: Irronnutta turvetta kellolasilla 6-massaprosenttisen tärkkelyksen ruiskutuksen, kuivauksen ja täristyksen jälkeen.



## **9 Keskiarvo ja keskihajonta levystä irronneelle turvemäärälle ja tiheyksille**

Aikaisemmin esitettyjen taulukoiden 1-18 avulla voidaan laskea turvelevyjen prosentuaaliselle turpeen irtoamiselle keskiarvo ja keskihajonta. Keskiarvo on laskettu kaavalla 2 ja keskihajonta kaavalla 3. Taulukot on esitetty taulukossa 19. Arvot on laskettu käyttäen apuna Microsoftin Excel 2007 taulukkolaskentaohjelmaa, jossa keskiarvo ja keskihajonta saadaan suoraan käyttäen apuna komentoja keskiarvo ja keskihajonta.

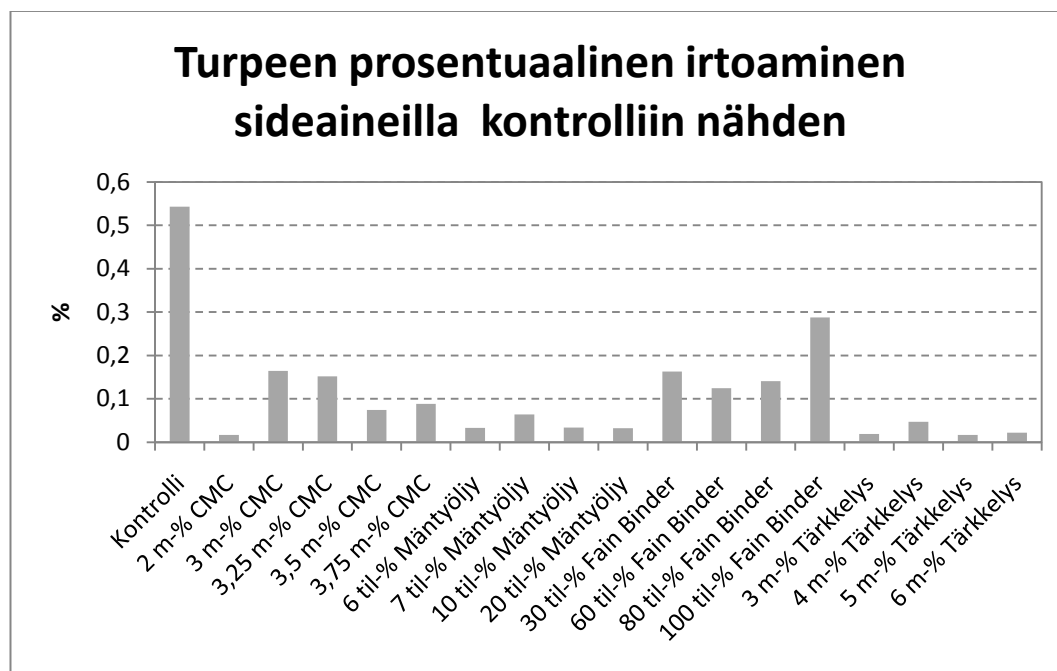
Keskiarvojen perusteella pystytään tulkitsemaan, millä sideaineella ja pitoisuudella turvetta irtoaa vähiten kontrolliin nähden. Taulukoiden 1-18 avulla voidaan laskea myös tiheyksille keskiarvo kaavan 2 avulla ja tiheyden keskihajonta kaavalla 3.

Taulukossa 19 on esitetty sidonta-aine ja turpeen prosentuaalinen irtoaminen turvelevyistä keskiarvona ja rinnakkaisnäytteiden keskihajonta. Lisäksi taulukossa on esitelty turvelevyjen rinnakkaisnäytteiden tiheys keskiarvona ja rinnakkaisnäytteiden tiheyden keskihajonta.

Kuviossa 17 on esitelty taulukko 19 tulokset pylväsdiagrammein. Tiheyttä ei ole kuviossa huomioitu. Kuvio helpottaa vertaamaan turpeen irtoamista testatuilla sideaineilla kontrolliin nähden. Kuvio on saatu piirrettyä taulukko 19 avulla käyttäen apuna Excel taulukko-ohjelmaa. Kuviossa x-akselilla on sideaineet ja y-akselilla turpeen prosentuaalinen irtoaminen. Kuvioon ei ole huomioitu rinnakkaisnäytteiden keskihajontaa tai tiheyksiä.

Taulukko 19: Keskiarvot ja keskihajonnat mittaustuloksille

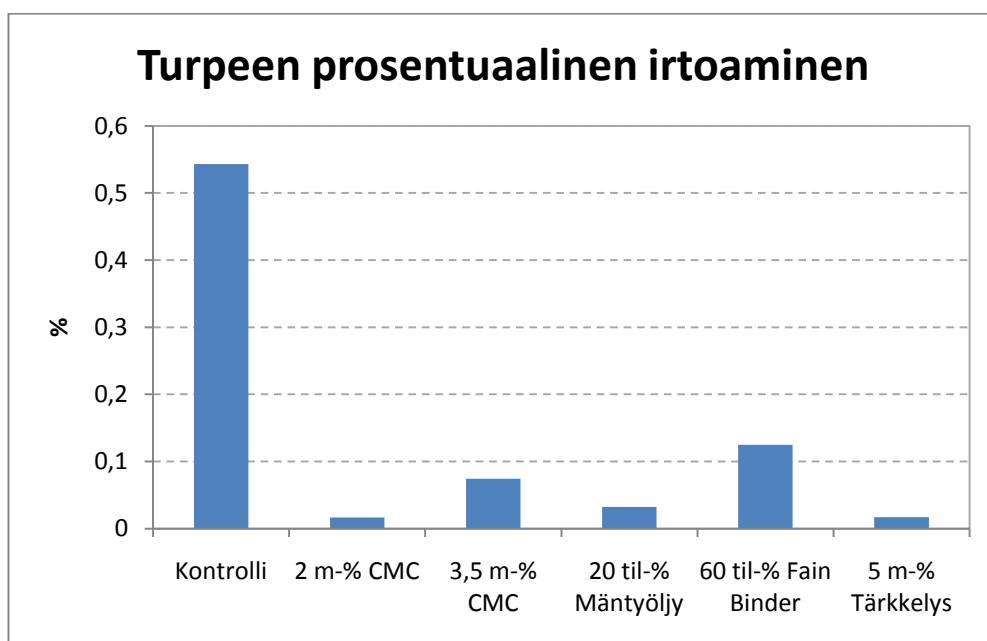
| Sidonta-aine          | Keskiarvo<br>rinnakkaisnäytteiden<br>kesken/<br>Turvetta irtosi<br>suhteutettuna massa | Keskihajonta<br>turpeen<br>irtoamiselle | Tiheys<br>keskiarvona<br>rinnakkaisnäytteille | Keskihajonta<br>tiheydelle |
|-----------------------|--|---|---|----------------------------|
| KONTROLLI             | 0,5432 %   | 0,1789                                  | 0,0961 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0107                     |
| CMC 2 m-%             | 0,0167 %   | 0,0080                                  | 0,1305 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0112                     |
| CMC 3 m-%             | 0,1640 %   | 0,0836                                  | 0,0939 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0089                     |
| CMC 3,25 m-%          | 0,1518 %   | 0,0857                                  | 0,0815 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0028                     |
| CMC 3,5 m-%           | 0,0743 %   | 0,0327                                  | 0,0947 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0181                     |
| CMC 3,75 m-%          | 0,0886 %   | 0,0476                                  | 0,0927 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0076                     |
| mäntyöljy 6 til-%     | 0,0329 %   | 0,0144                                  | 0,0947 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0079                     |
| mäntyöljy 7 til-%     | 0,0643 %   | 0,0655                                  | 0,0895 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0206                     |
| mäntyöljy 10 til-%    | 0,0335 %   | 0,0217                                  | 0,0980 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0219                     |
| mäntyöljy 20 til-%    | 0,0322 %   | 0,0110                                  | 0,1014 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0101                     |
| Fain Binder 30 til-%  | 0,1626 %   | 0,1277                                  | 0,1031 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0125                     |
| Fain Binder 60 til-%  | 0,1248 %   | 0,1244                                  | 0,0960 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0161                     |
| Fain Binder 80 til-%  | 0,1405 %   | 0,0360                                  | 0,0978 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0067                     |
| Fain Binder 100 til-% | 0,2876 %   | 0,2893                                  | 0,0970 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0145                     |
| tärkkelys 3 m- %      | 0,0193 %   | 0,0085                                  | 0,1246 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0103                     |
| tärkkelys 4 m- %      | 0,0468 %   | 0,0334                                  | 0,1167 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0101                     |
| tärkkelys 5 m- %      | 0,0171 %   | 0,0056                                  | 0,1238 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0117                     |
| tärkkelys 6 m- %      | 0,0216 %   | 0,0166                                  | 0,1283 g/cm <sup>3</sup>                      | 0,0110                     |



Kuvio 17: Kontrollinäytteen ja testattujen sidonta-aineiden prosentuaalinen turpeen irtoaminen

## 10 Lopputulokset

Lopputuloksiin on otettu huomioon kuviossa 17 olevat sideaineet, joilla turvetta on irronnut vähiten kontrolliin nähden. Tarkastelussa huomioidaan jokaisen testatun sidonta-aineen paras tulos. Huomioitavaa on, että 2-massaprocenttinen ja tärkkelys on tehty tasalaatuisemmasta turvelevyerästä kaksi, muut turvelevyerästä yksi. Kuvioon on lisäksi lisätty 3,5-massaprocenttinen CMC, koska sillä saatiin paras tulos turvelevyerästä yksi.



Kuvio 18: Tehokkaimmat sidonta-aineet turvelevyille turpeen irtoamisen estämiseksi

## 11 Yhteenveto ja tulosten arviointi

Tulokset ovat suuntaa antavia. Tulosten käsittelyssä olisi ollut hyvä tietää turpeen ja polyesterin määrä turvelevyissä, jotta olisi voitu laskea tarkalleen paljonko turvetta täristyksen jälkeen irtosi. Tuloksia on nyt käsitelty levyn kokonaispainoon nähden, missä ei tarkkaan tiedetä turpeen ja polyesterin suhdetta.

Turvelevyt muuttuivat kokeissa sidonta-aineiden ruiskutuksen jälkeen. Pienemmillä sideaine pitoisuuksilla ei turvelevyn pintaan muodostunut kovaa kalvoa, mutta pitoisuuden noustessa muodostui. Lisäksi tärkkelyksen ja CMC:n käsittely vaikeutui pitoisuuden noustessa, koska ne ovat niin viskoottisia aineita. Aineet jäivät mittapulloihin kiinni, tukkivat sumuttimen, eikä sumutettava suihke ollut hienojakoista. Suurilla pitoisuuksilla ei päästy tasaiseen sumutustulokseen. Turvelevyihin jäi kohtia, joissa sidonta-ainetta oli enemmän ja kohtia, joissa sitä oli vähemmän tai ei lainkaan.

Testauksessa ilmeni myös muita ongelmia. Rinnakkaistuloksissa on erittäin paljon hajontaa, koska levyjen massat ja mitat vaihtelivat laajalti. Suurimman ongelman aiheutti turvelevyjen epätasalaatuisuus. Levyissä oli esimerkiksi kohtia, joissa turvetta oli selvästi enemmän. Tämä vaikeutti sidonta-aineen testausta eri pitoisuuksilla ja usein isommalla pitoisuudella testattaessa, turvetta saattoi irrota enemmän kuin saman aineen pienemmällä pitoisuudella. Huomattavaa on myös, että kaksi massaprosenttisen CMC:n ja tärkkelyksen tulokset ovat tehty eri turvelevyerästä. Levyjen tiheydet ovat huomattavasti suuremmat kuin ensimmäisen erän turvelevyt.

Tuloksista voidaan päätellä, että merkittävässä osassa sidonta-aineita käytettäessä on levyjen tiheys. Esimerkiksi suurimmilla levyn tiheyksillä turvetta irtoaa vähemmän sidonta-aineen kanssa kuin pienimmillä. Tähän vaikuttaa myös sidonta-aineen valinta ja pitoisuus. Yrityksen omat vaatimukset turpeen irtoamiselle määrittävät laajalti valittavan sidonta-aineen. Tässä kokeessa turvetta irtosi kontrolliin nähden kaikilla sidonta-aineilla suhteellisen vähän paitsi Fain Binder 100-tilavuusprosenttisella liuoksella. Tämä ilmenee kuvioista 19. Parhaimmat tulokset kontrolliin nähden on saatu 2-massaprosenttisella CMC:llä ja 5-massaprosenttisella tärkkelyksellä. Huomioitavaa on kuitenkin, että kokeet tehtiin eri turvelevyerästä kuin muut testatut sidonta-aineet.

## Lähteet

- ASTQ Supply house. MCF Dustfain TS99. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://www.astq.composer.fi/articles/1081/>
- Chemistry 240 2001. Polymers. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://chemistry2.csudh.edu/rpendarvis/Polymer.html>
- Energiateollisuus 2010. Turve. [www-sivu]. [viitattu 8.9.2010] Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/turve>
- Finatex. Polyesteri. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://www.finatex.fi/index.php?mid=7&pid=77>
- Heinola, J. & Pietikäinen, H. 1982. Nykyaikaiset loimiliisterit IV CMC liistaus. Raportti 10. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tekstiili- ja vaatetustekniikan laitos. Tampere.
- Holopainen, Martti 1992. Tilastomatematiikan perusteet. 2.—7. painos. Helsinki: Otava.
- Häggbloom-Ahnger, Ulla & Komulainen, Pekka 2006. Paperin ja kartongin valmistus. 5.painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Häkli, Markku 1992. Ruiskumaalaus. 2., uusittu painos. Helsinki: Opetushallitus
- Isotalo, Kaija 2004. Puu- ja sellukemia. 3. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Kauko, Jussi, Kemisti 2010. Fain Binder tietoja. S-posti. Jussi.Kauko@faintend.fi. Tulostettu 7.10.2010.
- Konto 2010a. Etusivu. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://www.konto.fi/fi/etusivu>
- Konto 2010b. Tuotteet. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://www.konto.fi/fi/tuotteet>
- Konto 2010c. Yritys. [www-sivu]. [viitattu 27.9.2010] Saatavissa: <http://www.konto.fi/fi/yritys>
- Kurki, Martti 1983. Turvemaiden pääasialliset kemialliset ominaisuudet. Teoksessa Heikurainen, Leo, Kurki, Laine, Jukka, Matti, Paavilainen, Eero, Suoninen & Antti, Tolonen (toim.) Suomen suot ja niiden käyttö. Helsinki: Suoseura ry IPS:n Suomen kansallinen komitea.
- Laukkanen, Raili, Nykänen, Rauno & Vuokila, Olli 1994. Laboratoriotekniikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Maol taulukot 1999. 1. uudistettu painos. Helsinki: Otava.
- Metsälä, Harri 2001. Pihka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

- McMurry, John 1998. Fundamentals of Organic Chemistry. 4th edition. California: Brooks/Cole publishing company.
- Ojala, Anne & Väliaho, Esa 2009. Luentomateriaali 1.9-31.12.2009. Teolliset yksikköprosessit. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.
- Picken, Päivi & Reinikainen, Olli 2008. Kasvua ja ympäristön hoitoa. Teoksessa Korhonen, Riitta, Korpela, Leila & Sarkkola, Sakari (toim.) Suomi-Suomaa, soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Helsinki: Suoseura ry, Maahenki Oy.
- Pienoismallit.net. Kynäruisku. [www-sivu]. [viitattu 4.10.2010] Saatavissa: <http://www.pienoismallit.net/sanasto/k/kyn%E4ruisku/>
- Pihkala, Juhani 2005. Prosessitekniikan yksikköprosessit. 3.-1 tarkistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Starch, 2003. [www-sivu]. [viitattu 29.9.2010] Saatavissa: <http://pslc.ws/macrog/kidsmac/starch.htm>
- Hiilihydraatit, tärkkelys 2005. Helsingin yliopisto. [www-sivu]. [viitattu 12.10.2010] Saatavissa: <http://www.mv.helsinki.fi/home/palojoki/OPETUS/RTPerusteet/2%20RTP,%20luento,%20hiilihydraatit.pdf.pdf>

Liitteet

Liite 1: Konto Oy:n tuotantolinja

